

## Приложение на съвременни методи за анализ на хигиенния дизайн на съоръжения в хранителната промишленост

Вилхелм Хаджийски, Стефан Стефанов, Игорь Литовченко, Иван Яценко

**Abstract:** *The creation of technological equipment in the food industry is related to providing safe conditions for manufactured foods and beverages. Their implementation still requires the design stage to provide risk areas. The paper demonstrated the possibility of applying modern approach using computer modeling and simulation. An analysis of the process of effectively washing cranks systems for food and drinks. In the programming environment of the Flow Vision results are obtained for velocity, pressure and kinetic energy in the individual sections of the cranks and revealed congestive areas, which helps to find optimal values of design and technological parameters of the equipment.*

**Key words:** *hygienic design, modeling, simulation*

### ВЪВЕДЕНИЕ

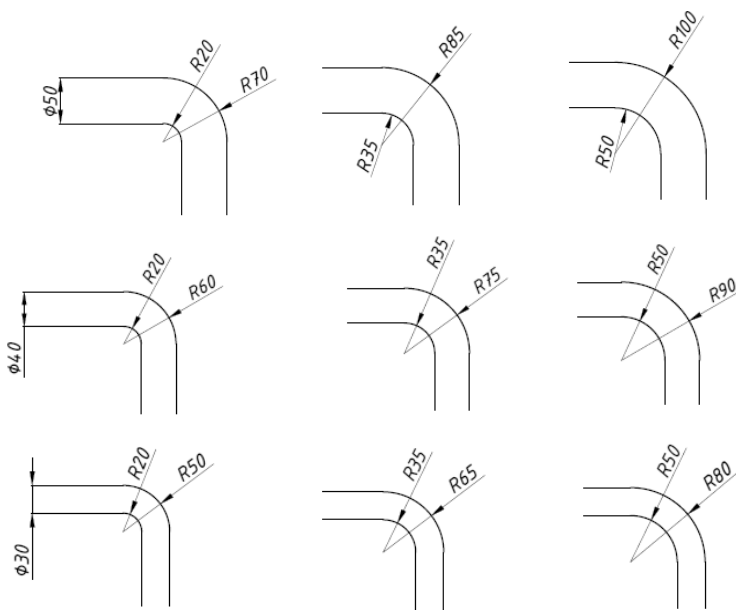
Безопасността на хранителните продукти и напитки е основен проблем при тяхното производство. Във връзка с това са издадени редица нормативни документи, целящи създаването в предприятията на хранителната промишленост условия за нейното постигане. Анализът на риска показва, че в голяма част от съоръженията има елементи, в които съществува реална опасност от замърсявания, водещи впоследствие до развитие на микрофлора и развала на хранителните продукти и напитки.

За подкрепа на мерките за повишаване безопасността на произвежданите храни и напитки е създаден консорциум от производители на оборудване за хранителната промишленост, опаковъчна техника и здравни организации-ENEDG (European Hygienic Engineering & design Group). Тази организация активно подкрепя законодателството на Европейския съюз по отношение на безопасността на хранителните продукти- Директива 2006/42/ЕО за машините, EN 1672-2 и EN ISO 14159 за хигиенните изисквания. В много материали на споменатата организация, както и в цитираните нормативни документи на ЕС са посочени основни препоръки при проектирането на елементи, машини, апарати и съоръжения, предназначени за хранителната промишленост. В редица източници [1, 2, 3, 4] се дават методологии, с чиято помощ могат да се оптимизират някои конструктивни и технологични параметри на оборудването.

Като една възможност за решаване на проблемите с оптималния избор на конструктивни и технологични параметри на отделни елементи от производствените системи в хранителната и питейната промишленост е използването на съвременни компютърни методи за анализ. С тяхна помощ могат да бъдат изследвани параметрите на процесите при производство на храни и напитки, на миенето на оборудването и да се даде отговор на някои въпроси като: каква скорост е необходима при измиването на тръбната система, какви са необходимите налягания, каква е необходимата кинетична енергия за отстраняване на някои основни замърсители и др. Предварителното определяне на тези параметри увеличава ефективността на процесите на миене, намаляване на енергийните разходи и времетраенето на процеса.

### ИЗЛОЖЕНИЕ

Разгледани са три групи колена на тръби с диаметри: 30, 40 и 50 mm. За всяка група диаметри са избрани по три радиуса на закръгление на колената. Като трети променлив параметър е изследвано влиянието на началната скорост на потока вода. Геометричните размери на тръбите са представени на фиг. 1.



Фиг. 1. Схеми на изследваните колена

Тръбите и радиусите на закръгление на колената, както и всички фитинги от неръждаема стомана, използвани в хранителната промишленост са стандартизирани. Материалите са AISI 304 и AISI316 или по DIN/EN 1.4307 и DIN/EN 1.4435. Размерите са съгласно DIN 2605.

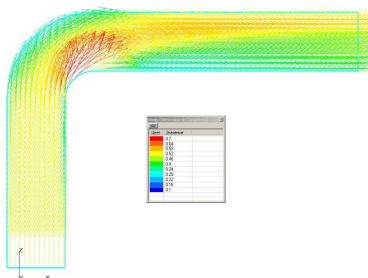
Избора на границите на промяна на параметъра начална скорост е от най-често използваните в практиката гранични стойности от 0.5 до 3 m/s. Целта на изследването е да се установят препоръчителни стойности на началната скорост на флуидния поток, които да осигурят максимална скорост на потока в коляното на тръбата. Това би осигурило условия за гарантиране доброто измиване на машината.

## РЕЗУЛТАТИ

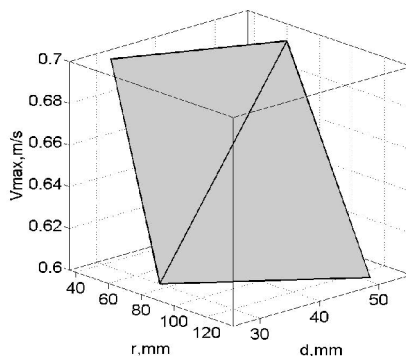
От направения числен експеримент по метода на крайните елементи бяха установени следните зависимости, посочени графично.

На фиг. 2 е посочено векторното разпределение на скоростта в изследваната тръба получено чрез числено моделиране.

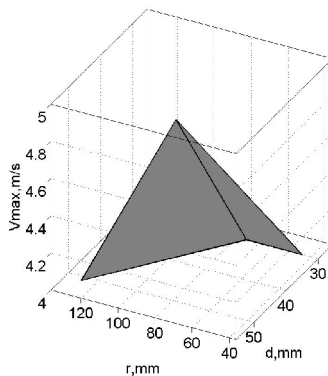
На фиг. 3 и 4 са представени зависимостите на максималната скорост на флуида в коляното на тръбата при начални скорости, съответно 0.5 и 3 m/s.



Фиг. 2. Графично представяне на скоростта на движение на миещия флуид в коляното



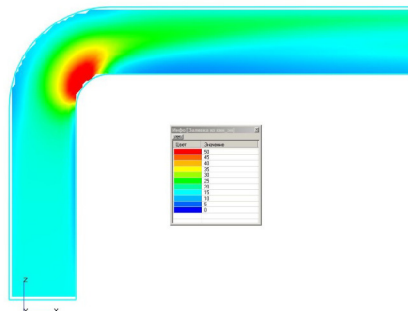
Фиг.3 Разпределение на скоростта на флуида в коляното при начална скорост 0.5 m/s



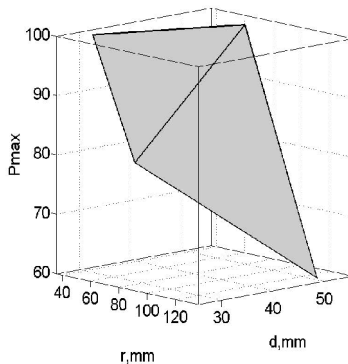
Фиг. 4 Разпределение на скоростта на флуида в коляното при начална скорост 3.0 m/s

На фиг. 5 е посочено разпределението на налягането при числено моделиране.

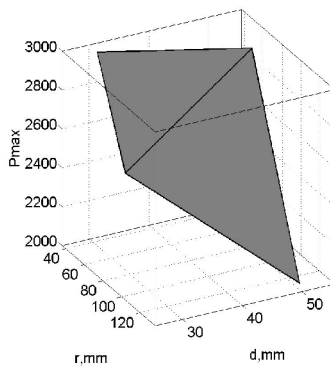
На фиг. 6 и 7 са представени зависимостите на налягането на флуида в коляното на тръбата при начални скорости, съответно 0.5 и 3 m/s.



Фиг. 5 Разпределение на налягането в коляното

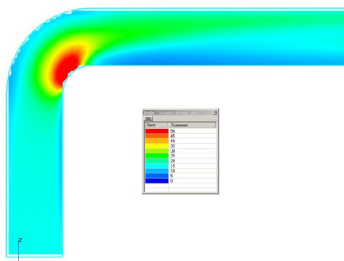


Фиг. 6 Зависимост на налягането на флуида в коляното при скорост 0,5 m/s

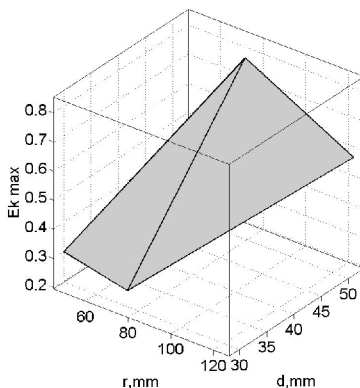


Фиг.7 Налягане на флуида в коляното при скорост 3.0 m/s

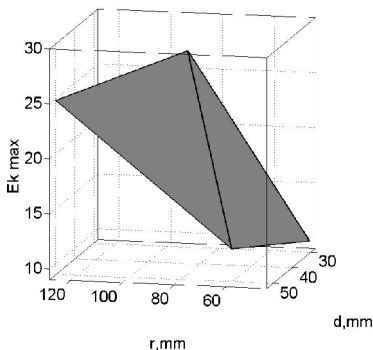
На фиг. 8 посочено разпределението на кинетичната енергия при числено моделиране.



Фиг. 8 Графично представяне на разпределението на кинетичното енергия в коляното



Фиг. 9 Кинетична енергия на флуида в коляното при скорост на на потока 0,5 m/s



Фиг. 10 Кинетична енергия на флуида в коляното при скорост на на потока 3,0 m/s

На фиг. 9 и 10 са представени зависимостите на кинетичната енергия на флуида в коляното на тръбата при начални скорости, съответно 0.5 и 3 m/s.

### ИЗВОДИ

Екстремум на функцията на скоростта при начални скорости 0,5 и 3 m/s се наблюдава при отношение  $r/d=1,5$ , като за начална скорост 0,5 m/s екстремума

представен на фиг. 3 е при  $r=80$  mm, като функцията намалява с нарастване на радиуса.

При начална скорост 3 m/s най-голямото отношение  $V_{max}/V_{нач}=1,67$  се наблюдава при радиус 76,5 mm и диаметър 51 mm, като при тези стойности се наблюдава най-голямата по абсолютна стойност максимална скорост.

Препоръчва се работа в зоната на екстремум на функцията на скоростта (фиг.4).

В целия изследван диапазон на началната скорост се наблюдава рязко намаляване на максималното налягане при радиус на закръгление по-голям от 80 mm, при стойности  $45\text{ mm} < r < 80\text{ mm}$  намаляване на диаметъра води до понижаване на максималната стойност на налягането.

Функцията на кинетичното енергия намалява с по-голяма стърмнина при начална скорост 3 m/s, като абсолютните стойности при тази начална скорост са по-големи.

От направения анализ се установи, че от двата фактора (диаметър на тръбата и радиус на закръгление) по-значимо е влиянието на диаметъра на тръбата върху стойностите на скоростта, кинетичната енергия и налягането.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Проведен е числен експеримент по метода на крайните елементи за изследване на влиянието на три фактора върху условията за измиване в колена на тръби с различен диаметър, радиус на закръгление и начална скорост на постъпване на водата.

Изследвано е и графично е представено влиянието на всеки от факторите върху условията за измиване.

Препоръчани са работни зони с най-благоприятни условия за работа при измиване.

### **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] The Machinery Directive (98/37/EC). Implemented in Britain as the Supply of Machinery (Safety) Regulations 1992 SI 1992/3073 Stationery Office 1992 ISBN 0 11 025719 7.
- [2] Draft International Standard ISO/DIS 14159: Safety of Machinery - Hygiene Requirements for the Design of Machinery BSI.
- [3] BS EN 1672-2: 1997 Food Processing Machinery -Basic Concepts Part 2: Hygiene Requirements BSI.
- [4] Hygienic Design of Equipment for Open Processing European Hygienic Equipment Design Group. EHEDG Guideline Document No 13. Available from CCFRA

### **За контакти:**

Вилхелм Милков Хаджийски, д-р, Университет по хранителни технологии, Пловдив, катедра „Техническа механика и машинознание“, hawi@abv.bg

Стефан Василев Стефанов, доц., д-р, Университет по хранителни технологии, Пловдив, катедра „Машини и апарати за хранителновкусовата промишленост“, stvstefanov@yahoo.com

Игорь Николаевич Литовченко, к.т.н., доцент, г. Киев, Украина, Национальный университет пищевых технологий, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, E-mail: inlit@voliacable.com

Иван Андреевич Яценко, магистрант, г. Киев, Украина, Национальный университет пищевых технологий, кафедра машин и аппаратов пищевых производств.

**Докладът е рецензиран.**